

Sistem Pendeteksi Tingkat Kekasaran Permukaan Jalan Menggunakan LIDAR dan Arduino Due

Luthfi Drajanta dan Muhammad Rivai

Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

e-mail: muhammad_rivai@ee.its.ac.id

Abstrak—Pentingnya peran jalan bagi pertumbuhan ekonomi masyarakat serta menjadi akses penghubung bagi pembangunan mengakibatkan pemerintah daerah harus lebih memperhatikan dan tanggap terhadap kerusakan jalan. Saat ini, pemantauan kerusakan jalan masih berdasarkan laporan dari masyarakat. Sedangkan untuk pemeliharaan dibutuhkan waktu yang lama dan kurang efisien untuk mendeteksi permukaan jalan yang mengalami kerusakan. Pada penelitian ini, *Light Detection and Ranging* (LIDAR) digunakan untuk memindai suatu objek guna mengetahui tingkat kekasaran permukaan jalan berdasarkan pembacaan jarak. Metode tersebut juga dapat digunakan untuk memvisualisasi permukaan tersebut dalam bentuk tiga dimensi. Dari hasil pembacaan jarak tersebut dapat digunakan sebagai nilai kedalaman permukaan. Metode standar deviasi digunakan untuk mengetahui sebaran data hasil pemindaian. Semua peralatan dalam penelitian ini dikendalikan oleh mikrokontroler *Arduino Due*. Berdasarkan hasil pengujian menunjukkan bahwa peralatan yang dibuat ini dapat membedakan dan menggambarkan permukaan jalan yang halus, kasar, dan berlubang.

Kata Kunci—*Arduino Due*, Kekasaran permukaan jalan, LIDAR, Standar deviasi.

I. PENDAHULUAN

JALAN merupakan sarana umum untuk menunjang transportasi dan digunakan sehari-hari dalam kehidupan manusia. Pentingnya penggunaan jalan mengakibatkan sering terjadinya distorsi atau kerusakan. Rusaknya jalan bisa diakibatkan oleh kecelakaan, kelebihan beban, dan bencana alam seperti gempa bumi atau tanah longsor. Kerusakan jalan dapat mengakibatkan terhambatnya aktifitas masyarakat sekitar bahkan terjadinya kecelakaan. Beberapa cara untuk mengatasi kerusakan jalan tersebut adalah dengan melakukan pemeliharaan berkala dan memantau setiap titik kerusakan jalan. Saat ini pemantauan kerusakan jalan masih berdasarkan laporan dari masyarakat. Sedangkan untuk pemeliharaan dibutuhkan waktu yang cepat dan penanganan akurat untuk mendeteksi jalan yang akan mengalami kerusakan.

Studi kasus tentang mendeteksi kerusakan jalan pernah dilakukan oleh *Google* dengan menggunakan sensor getaran pada mobil. Data *Global Positioning System* (GPS) digunakan untuk mendapatkan data lokasi. Namun, sensor getaran belum mampu untuk memvisualisasi bentuk permukaan tersebut. Untuk mengatasi masalah tersebut maka dibutuhkan alat yang detail dalam mendeteksi tingkat kekasaran permukaan jalan dan dapat divisualisasi agar dapat diketahui pola atau bentuk permukaan tersebut. Metode *Radio Detection and Ranging* (RADAR) dapat digunakan untuk mendeteksi tingkat

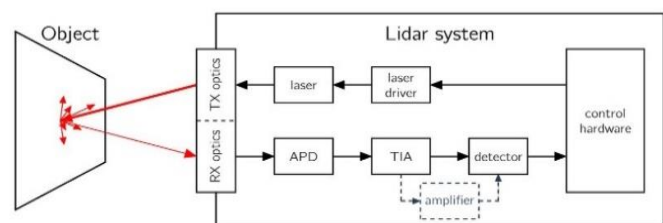
kekasaran permukaan jalan. Namun, resolusi jangkauannya dibatasi oleh *bandwidth* sinyal.

Untuk menanggulangi permasalahan tersebut, maka pada penelitian ini digunakanlah metode *Light Detection and Ranging* (LIDAR). Prinsip kerja metode ini adalah mendapatkan data tridimensional suatu objek dan juga menangkap nilai intensitas pantulan dari suatu objek. Metode ini memungkinkan untuk mengidentifikasi kekasaran ruas permukaan jalan dengan tingkat resolusi dan akurasi jangkauan yang tinggi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. LIDAR

Metode LIDAR merupakan sebuah metode untuk mengukur suatu lingkungan/objek berdasarkan jarak oleh cahaya laser. Metode ini dapat digunakan dalam segala kondisi pencahayaan. Metode LIDAR dapat secara akurat memetakan 3 dimensi bahkan dalam jarak jauh [1]. Metode LIDAR memiliki presisi yang tinggi untuk pengukuran jarak, sehingga dapat digunakan pada banyak aplikasi yang menyangkut tentang kecepatan, akurasi, dan kepadatan data. Metode LIDAR ini memiliki keunggulan dibanding dengan teknologi RADAR maupun *Sound Navigation and Ranging* (SONAR) [2].



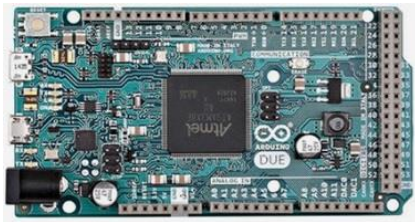
Gambar 1. Diagram blok LIDAR [1].

Prinsip utama dari metode LIDAR adalah dengan memancarkan pulsa cahaya dan kemudian menerima kembali pulsa cahaya yang telah dipantulkan, ditunjukkan pada Gambar 1. Pantulan dari pulsa cahaya yang dipancarkan akan lebih besar apabila permukaan target atau permukaan objek yang terkena pancaran LIDAR memiliki faktor reflektansi yang lebih tinggi [3].

B. *Arduino Due*

Arduino Due adalah sebuah board atau papan mikrokontroler berdasarkan pada *CPU Atmel SAM3X8E ARM Cortex-M3*, ditunjukkan pada gambar 2. Board ini memiliki 54

pin input / output digital. Output PWM berjumlah 12, input analog berjumlah 12, UART (port serial *hardware*) berjumlah 4, kecepatan clock sebesar 84 MHz, koneksi untuk USB OTG (*On The Go*), 2 buah pin *digital-to-analog converter* (DAC), 2 buah pin TWI, header SPI, header JTAG, tombol reset dan tombol hapus [4]. Arduino Due bekerja pada tegangan 3.3 volt. Apabila diberikan tegangan melebihi 3.3 volt akan berdampak pada rusaknya pin-pin pada papan mikrokontroler. Selain itu untuk mengunggah kode program, Arduino Due bergantung pada *bossac*, sedangkan untuk Arduino lainnya menggunakan *avrdude*. Jenis mikrokontroler ini sering digunakan untuk aplikasi yang membutuhkan kecepatan tinggi [5].

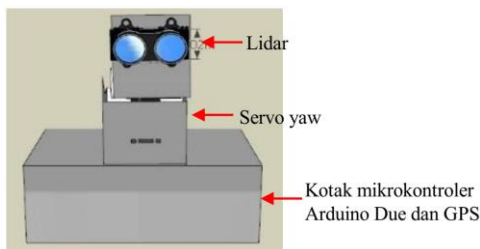


Gambar 2. Modul mikrokontroler Arduino Due.

III. PERANCANGAN SISTEM

A. Perancangan Mekanik

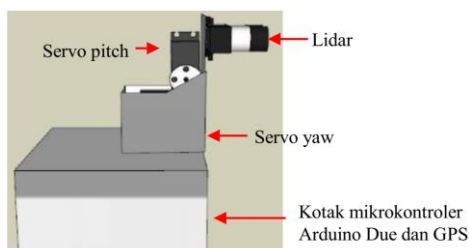
Perancangan mekanik pada penelitian ini berfokus kepada desain dari antarmuka atau *interface* pada penempatan mikrokontroler dan berbagai sensor, ditunjukkan pada gambar 3 dan 4. Desain mekanik dibuat sekecil mungkin agar tripod tidak terlalu terbebani terlalu berat.



Gambar 3. Desain mekanik tampak depan.

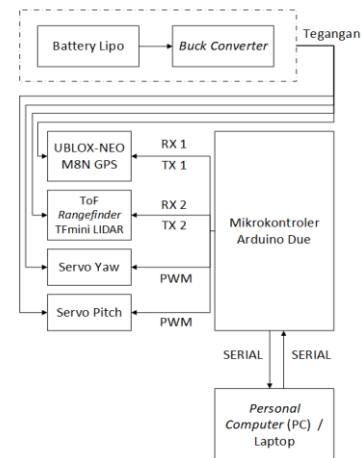
B. Perancangan Perangkat Keras

Diagram blok perangkat keras sistem ditunjukkan pada Gambar 5. Mikrokontroler yang digunakan sebagai unit pengolahan data yaitu Arduino Due. Sedangkan sensor yang digunakan adalah modul TFmini LIDAR dan GPS UBLOX NEO-M8N.



Gambar 4. Desain mekanik tampak samping.

Modul LIDAR digunakan untuk mengetahui perbedaan jarak pada permukaan jalan, sedangkan GPS digunakan untuk mengetahui koordinat *longitude* dan *latitude* sehingga dapat diketahui lokasinya [6][7][8], dan [9]. Untuk menggerakkan modul LIDAR menggunakan 2 buah servo yang dapat bergerak secara *pitch* (horizontal) dan *yaw* (vertikal) [10]. Sumber tegangan dari mikrokontroler dan berbagai modul diperoleh dari baterai lipo yang telah diturunkan tegangannya terlebih dahulu menggunakan modul *buck-converter*.



Gambar 5. Diagram blok perangkat keras sistem.

B. Perancangan Perangkat Lunak



Gambar 6. Diagram alir pembacaan data.

Perancangan perangkat lunak ini terintegrasi ke dalam mikrokontroler *Arduino Due*. Perancangan *software* ini digunakan untuk melakukan proses pembacaan LIDAR, pembacaan GPS, dan kontrol motor servo, ditunjukkan pada Gambar 6. Pembacaan pada motor servo merujuk pada setiap *timing* dari pembacaan LIDAR. Motor akan bergerak apabila LIDAR telah membaca atau mengambil data setiap nilai sudut x atau yaw . Kemudian GPS akan menampilkan *longitude* dan *latitude* dari lokasi pengambilan data. Definisikan tingkat kekasaran permukaan jalan ditentukan berdasarkan nilai standar deviasi pada hasil pemindaian. (Tabel 1)

Tabel 1.
Definisi tingkat kekasaran

Nilai Standar Deviasi	Klasifikasi
≤ 1	Halus
1 - 2	Sedikit Kasar
2 - 3	Kasar
≥ 4	Sangat Kasar

IV. PENGUJIAN DAN ANALISIS

A. Pengujian Perangkat Sistem

Hasil realisasi perancangan peralatan sistem keseluruhan ditunjukkan pada Gambar 7. Beberapa pengujian dilakukan untuk mengetahui kelayakan peralatan yang telah dibuat. Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian modul LIDAR pada permukaan warna hitam. Hasil pengukuran tersebut mempunyai rerata kesalahan sebesar 8,3%. Hasil yang hampir sama juga diberikan untuk permukaan dengan warna yang lain.

Pengujian modul GPS dilakukan di area parkir mobil pada ruang terbuka. Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan *longitude* dan *latitude* dari lokasi pemindaian. Komunikasi antara modul GPS dan mikrokontroler dilakukan secara serial dengan *baud rate* sebesar 115200 bps. Hasil pengujian modul GPS ini ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 2.
Hasil pengujian LIDAR untuk warna hitam.

Jarak 30cm (cm)	Jarak 50cm (cm)	Jarak 100cm (cm)	Jarak 150cm (cm)	Jarak 200cm (cm)
35	54	106	153	214
35	54	106	153	214
35	54	106	153	214
35	54	106	153	215
35	54	107	153	215
35	55	107	153	215
35	55	107	153	215
35	55	107	153	215
35	55	107	153	215
35	55	107	153	215

Tabel 3.
Data koordinat GPS pada area parkir mobil luar ruangan.

No	Latitude (°)	Longitude (°)
1	-7.285209	112.796086
2	-7.285223	112.796097
3	-7.285252	112.796108
4	-7.285269	112.796115
5	-7.285180	112.796137
6	-7.285163	112.796142
7	-7.285154	112.796147

B. Pengukuran Tingkat Kekasaran Permukaan

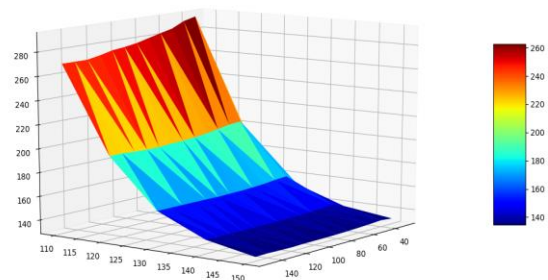
Pada pengujian awal dilakukan pemindaian pada permukaan lantai seperti yang ditunjukkan pada gambar 8. Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan database yang kemudian dijadikan standar nilai untuk sumbu x dan sumbu y . Hasil pengujian ini ditunjukkan pada Tabel 4. Dari data tersebut terlihat bahwa pemindaian dengan sudut 150 dan 140 mempunyai nilai rerata standar deviasi yang kecil, yaitu 0,7 cm. Sesuai Tabel 1, permukaan ini termasuk kategori 'Halus'. Hasil pemetaan pada permukaan ini ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 8. Pengujian pada permukaan lantai.

Tabel 4.
Hasil pengujian pada permukaan lantai.

Sumbu x (°)	Sumbu y (°)				
	150	140	130	120	110
30	133	138,4	152,3	182,9	249,7
40	134	142,2	161,4	204,9	292,8
50	133,3	141,3	160,6	204,1	290,3
60	132,8	140,6	159,4	202,2	285,3
70	132,5	140,4	158,7	200,4	282,8
80	132,2	140,2	158,2	199,2	280,2
90	132	140	158	198,3	277,5
100	132	139,9	157,6	197,9	275,8
110	131,9	139,9	157,8	197,2	274,6
120	131,7	139,7	157,9	197,1	272,1
130	131,9	139,9	157,9	197,5	270,1
140	132,3	140	158	198,3	270
150	132	140	158	198	270
Standar Deviasi	0,6	0,8	2,1	5,1	10,6



Gambar 9. Hasil pemetaan 3 dimensi untuk permukaan lantai.

Pengujian selanjutnya dilakukan pemindaian pada permukaan jalan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa nilai rerata standar deviasi sebesar 1 cm.

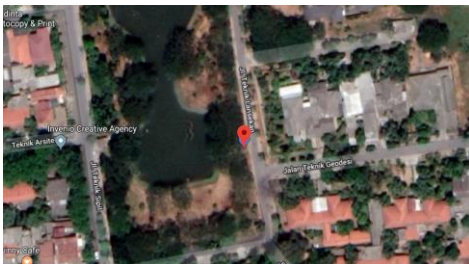


Gambar 10. Pengujian pada permukaan jalan.

Pengujian terakhir dilakukan pemindaian pada permukaan jalan seperti yang ditunjukkan pada gambar 11. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa nilai rerata standar deviasi sebesar 1,6 cm. Lokasi pengujian pada permukaan jalan ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 11. Tampilan permukaan jalan berlubang.



Gambar 12. Lokasi pengujian pada permukaan jalan.

V. KESIMPULAN

Pada penelitian ini telah dirancang dan dibuat sebuah sistem pendeteksi tingkat kekasaran permukaan jalan. Sistem

ini dilengkapi dengan modul TFmini LIDAR untuk mendapatkan data jarak, modul GPS UBLOX NEO-M8N untuk mendapatkan lokasi jalan, dan motor servo untuk pemindaian pengukuran. Metode standar deviasi digunakan untuk mengetahui sebaran data hasil pemindaian. Semua peralatan dalam penelitian ini dikendalikan oleh mikrokontroler Arduino Due. Hasil percobaan menunjukkan bahwa pengukuran menggunakan LIDAR tersebut mempunyai rerata kesalahan sebesar 8,3%. Hasil pengukuran ini tidak bergantung pada warna permukaan bidang yang diukur. Peralatan yang dibuat ini dapat membedakan dan menggambarkan permukaan jalan yang halus yaitu dengan nilai standar deviasi kurang dari 1 cm, kasar, dan berlubang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Assi, "Light Detection and Ranging," Syrian Arab Republic, 2016.
- [2] M. H. Riaz, S. A. Bukhari, F. Mukhtar, T. Kamal, H. Sarwar, and M. U. Tahir, "3d mapping using light detection and ranging," in *2017 International Multi-topic Conference (INMIC)*, 2017, pp. 1–4.
- [3] Z. Pusztai and L. Hajder, "Accurate Calibration of LiDAR-Camera Systems Using Ordinary Boxes," in *2017 IEEE International Conference on Computer Vision Workshops (ICCVW)*, 2017, pp. 394–402.
- [4] Store.arduino.cc, "Arduino Due." [Online]. Available: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-due>.
- [5] A. D. S. Gaviola, M. Rivai, and H. Kusuma, "Audio Beam Steering With Phased Array Method Using Arduino Due Microcontroller," in *International Conference on Information and Communications Technology (ICOIACT)*, 2018, pp. 597–600.
- [6] D. A. R. Kurniawan, M. Rivai, and R. Dikairono, "Sistem navigasi pada balon udara menggunakan GPS dan kontrol logika fuzzy," *J. Tek. ITS*, vol. 5, no. 2, pp. A173–A178, Aug. 2016.
- [7] F. R. Saputra and M. Rivai, "Autonomous Surface Vehicle sebagai Alat Pemantau Lingkungan Menggunakan Metode Navigasi Waypoint," *J. Tek. ITS Vol. 7*, 2018.
- [8] A. A. Bin Ariffin, N. H. A. Aziz, and K. A. Othman, "Implementation of GPS for location tracking," in *2011 IEEE Control and System Graduate Research Colloquium*, 2011, pp. 77–81.
- [9] T. Arulogun, G. Adesina, and A. Oluwatobi, "Design and Implementation of a Global Positioning System Based Automatic Vehicle Location System," *Int. J. Innov. Res. Comput. Commun. Eng.*, vol. 2, no. 11, pp. 6933–6939, 2014.
- [10] B. Pillai and K. T. Nair, "Intelligent adaptive controller for DC servo motor position control in LabVIEW," in *International Conference on Intelligent Computing, Instrumentation and Control Technologies (ICICT)*, 2017, pp. 981–985.